

Anna Schirokoff, Satu Innamaa

# Liikennetilanneohjatut muuttuvat nopeusrajoitukset pääteiden liittymässä

Vaikutusten arviointi ja järjestelmän kehittäminen

Tiehallinnon selvityksiä 29/2004



Anna Schirokoff, Satu Innamaa

# **Liikennetilanneohjatut muuttuvat nopeusrajoitukset pääteiden liittymässä**

**Vaikutusten arviointi ja järjestelmän kehittäminen**

**Tiehallinnon selvityksiä 29/2004**

**Tiehallinto**

Kaakkois-Suomen tiepiiri  
Liikenteen palvelut  
Kouvola 2004

*Kannen kuva: Petteri Portaankorva*

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-803-283-1  
TIEH 3200879

Verkkojulkaisu pdf ([www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut))  
ISSN 1459-1553  
ISBN 951-803-284-X  
TIEH 3200879-v

OSWALD Interkopio Oy  
Mikkeli 2004

Julkaisua myy/saatavana:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
Telefaksi 0204 22 2652  
S-posti [julkaisumyynti@Tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@Tiehallinto.fi)

**Tiehallinto**

Kaakkois-Suomen tiepiiri  
Kauppamiehenkatu 4  
45100 KOUVOLA  
Puhelinvaihte 0204 22 11

**Anna Schirokoff, Satu Innamaa: Liikennetilanneohjatut muuttuvat nopeusrajoitukset pääteiden liittymässä.** Kouvola 2004. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Tiehallinnon selvityksiä 29/2004. 36 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-283-1, TIEH 3200879

**Asiasanat:** muuttuvat opasteet, nopeusrajoitukset, liittymät, vaikutukset, kehittäminen  
**Aiheluokka:** 02, 20, 22

## TIIVISTELMÄ

Kesällä 2002 Lappeenrannan länsipuolella valtateiden 6 ja 13 liittymässä eli Selkäharjun liittymässä otettiin käyttöön automaattisesti pää- ja sivutien liikennetilanteen mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset. Järjestelmän tarkoituksena oli helpottaa sivutieltä vasemmalle liittymistä aiheuttamatta viivytystä pääsuunnan liikennevirralle liikenteellisesti ongelmattomana aikana.

Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, miten järjestelmä oli vaikuttanut eri liikennetilanteissa liikenteen käyttäytymiseen liittymäalueella. Toisena tavoitteena oli arvioida järjestelmän ja ohjausperiaatteiden toimivuutta, jotta järjestelmä voitaisiin kehittää mahdollisimman hyvin toimivaksi ja mahdollisesti muihin vastaaviin paikkoihin asennettavaksi. Tutkimusmenetelmänä oli ennen-jälkeen-tutkimus, jossa arvioitiin järjestelmän vaikutukset eri keliluokissa ja liikennetilanteissa kesä- ja talvikautena.

Tutkimusajankohtana liittymässä käytettiin alennettua nopeusrajoitusta 60 km/h selvästi enemmän (36 % ajoneuvoista, 20–30 % ajasta), kuin sitä järjestelmän yleissuunnitteluvaiheessa oletettiin tarvittavan (15–20 % ajoneuvoista, 8 % ajasta). Tämä viittaa siihen, että ohjausehdot ovat herkemät, kuin alunperin oli ehkä tarkoituksena.

Päätiellä liittymistä varten riittävän pitkien aikavälien osuuden pitäisi kasvaa, jotta järjestelmälle asetettu tavoite toteutuisi. Alennetut nopeusrajoitukset eivät vaikuttaneet päätien aikaväleihin. Sitä vastoin nopeusrajoituksen 60 km/h käyttö laski liikennevirran keskinopeutta. Keskinopeuden alenemisen voitaneen arvioida lyhentävän kriittistä aikaväliä korkeintaan puolella sekunnilla, jolloin järjestelmällä saattaa olla positiivinen, joskin erittäin pieni, vaikutus sivutieltä liittymiseen. Keskinopeuden alenemisella on kuitenkin myönteistä vaikutusta liittymäalueen liikenneturvallisuuteen.

Nyt saadut tulokset eivät tue alkuperäistä oletusta järjestelmän selkeästä positiivisesta vaikutuksesta sivutieltä liittymisen. Aineistosta ei kuitenkaan voitu määrittää kriittistä aikaväliä eri tilanteissa, joten tuloksen tarkastaminen suositellaan tehtävän kenttämittauksin.

Järjestelmää tulisi kehittää siten, että liittymään tuleva liikennevirta tunnistetaan jo selvästi ennen liittymää, toisin kuin nykyään. Näin ohjauspäätös voitaisiin tehdä liittymään saapuvien eikä siinä jo olevien ajoneuvojen perusteella.



**Anna Schirokoff, Satu Innamaa: Liikennetilanneohjatut muuttuvat nopeusrajoitukset pääteiden liittymässä.** [Trafiksituationsstyrda variabla hastighetsbegränsningar i korsningar mellan huvudvägar] Kouvola 2004. Vägförvaltningen, Vägförvaltningens utredningar 29/2004. 36 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-283-1, TIEH 3200879

**Uppslagsord:** Variabel meddelandeskylt, hastighetsbegränsningar, anslutningar, effekter, utveckling

## SAMMANFATTNING

Sommaren 2002 tog man i bruk trafiksituationsstyrda variabla hastighetsbegränsningar i korsningen mellan riksvägarna 6 och 13 väster om Villmanstrand. Avsikten med systemet var att underlätta vänstersväng från sidovägen utan att förorsaka fördröjningar för trafiken på huvudvägen under den tid då trafiken i övrigt flöt problemfritt.

Undersökningens första målsättning var att utreda hur systemet påverkade trafikbeteendet i korsningsområdet i olika trafiksituationer. Den andra målsättningen var att uppskatta systemets och styrningsprincipernas funktionsduglighet, för att systemet skulle kunna utvecklas till att fungera så bra som möjligt och för att man skulle kunna installera det på andra motsvarande platser. Undersökningen gjordes som en före-efter uppföljning, där systemets verkningar uppskattades för olika väglag och trafiksituationer både under sommaren och vintern. Vid tiden för undersökningen användes nedsatt hastighetsbegränsning 60 km/h klart oftare (36 % av fordonen, 20-30 % av tiden) än vad man antog att skulle behövas vid planeringen av systemet (15-20 % av fordonen, 8 % av tiden). Detta tyder på att styrningsbetingelserna är betydligt känsligare än vad ursprungligen kanske var meningen.

För att systemets målsättning skall förverkligas borde andelen för anslutning tillräckligt långa tidsavstånd på huvudvägen öka. Sänkta hastighetsbegränsningar inverkade inte på huvudvägens tidsavstånd. Däremot sänkte hastighetsbegränsningen 60 km/h trafikflödets medelhastighet. Minskningen av medelhastigheten kan troligtvis antas sänka det kritiska tidsavståndet med högst en halv sekund, varvid systemet kan antas ha en positiv, om än liten, effekt på anslutning från sidovägen. En minskning av medelhastigheten har dock en positiv effekt på trafiksäkerheten i korsningsområdet.

De nu erhållna resultaten stöder inte det ursprungliga antagandet om att systemet har en klart positiv effekt på anslutning från sidovägen. Materialet gav dock inte möjlighet att bestämma det kritiska tidsavståndet i olika situationer, utan resultaten föreslås ännu granskas med hjälp av fältmätningar.

Systemet borde utvecklas så att det inkommande trafikflödet identifieras klart före korsningen. Då skulle styrningsbeslutet kunna göras utgående från den ankommande trafiken och inte utgående från de i korsningen redan existerande fordonen.

**Keywords:** variable message sign, speed limit, intersections, evaluation, development

## SUMMARY

In the summer of 2002 an automatic traffic-controlled variable speed limit system was installed at the intersection of Finnish main roads 6 and 13. The target of the system was to affect the main road traffic flow so that merging from the minor road would be easier by lowering the speed limit from 80 to 60 km/h when traffic is heavy.

The first aim of this study was to investigate the effects of the system on the traffic flow. The second aim was to evaluate the functionality of the system and its control principles. The method was a before-after study. The effects of the system were estimated in different road weather and traffic conditions both in winter and summer time.

During the research period the speed limit 60 km/h was used more (36% of vehicles, 20-30% of time) than it was assumed to be needed in the planning phase (15-20% of vehicles, 8% of time). This might have been caused by to wrong parameter values in the control settings.

In order to fulfil the target for the system, the proportion of headways on the main road that were long enough for merging, should have increased. However, the lowered speed limits did not affect the headways. Meanwhile, the use of the speed limit 60 km/h decreased the mean speed of the traffic flow. It can be assumed that the decreased mean speed reduce the critical headway by at most half a second. Hence, the system might have a positive, however a very small, effect on the merging from the minor road. However, the reduction of the mean speed has a positive effect on the traffic safety in the junction area.

The results did not support the original hypothesis on the clear, positive effect. The critical headway could not be determined from the data. It is recommended that the result is confirmed with field measurements.

Based on further analysis, the system should be developed so that the intersection-bound traffic flow should be monitored far before the intersection. Hence, the control decision could be made according to the incoming traffic.

The project has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks – Transport.

## ESIPUHE

Kesällä 2002 Lappeenrannan länsipuolella valtateiden 6 ja 13 liittymässä eli Selkäharjun liittymässä otettiin käyttöön liikennetilanteen mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset. Liikennetilanteen mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset nähtiin mahdollisuutena parantaa liikenteen sujuvuutta liittymässä ja liittymän liikenneturvallisuutta ongelmallisina ajankohtina aiheuttamatta pääsuunnan liikenteelle viivytyksiä liikenteellisesti ongelmattomana aikana. Liittymän ohjausjärjestelmä on Suomessa ja Pohjois-Euroopassa (VIKING-alueella) ensimmäinen laatuaan. Järjestelmää tutkimalla haluttiin oppia olemassa olevasta järjestelmästä, sen vaikutuksista, vahvuuksista ja heikkouksista. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää, jos vastaavia järjestelmiä suunnitellaan muualle.

Tutkimuksen tekivät tutkijat Anna Schirokoff ja Satu Innamaa VTT Rakenus- ja yhdyskuntatekniikasta. Aineistojen yhdistämisestä vastasi ATK-suunnittelija Pekka Kulmala. Tekijät vastaavat raportin sisällöstä.

Työ tehtiin Kaakkois-Suomen tiepiirin toimeksiannosta. Työtä ohjasivat Petteri Portaankorva (pj.), Eini Hirvenoja ja Magnus Nygård.

Hanke on saanut Euroopan unionin liikenteen perusrakenteiden kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks – Transport) -rahoitusta.

Kouvola, joulukuussa 2003

Tiehallinto  
Kaakkois-Suomen tiepiiri



**Sisältö**

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>JOHDANTO</b>                                    | <b>11</b> |
| 1.1      | Tausta   | 11        |
| 1.2      | Tavoite  | 12        |
| <b>2</b> | <b>MENETELMÄ JA AINEISTO</b>                       | <b>13</b> |
| 2.1      | Menetelmä  | 13        |
| 2.2      | Tutkimuskohde                                      | 13        |
| 2.2.1    | Kohteen kuvaus                                     | 13        |
| 2.2.2    | Ohjausperiaate                                     | 15        |
| 2.3      | Aineisto   | 16        |
| 2.3.1    | Ajankohdat ja tuntiliikennemäärät                  | 16        |
| 2.3.2    | Muuttujat  | 18        |
| 2.3.3    | Aineiston muokkaus ja luokittelu                   | 18        |
| 2.3.4    | Aineiston karsinta ja puutteet                     | 21        |
| 2.4      | Vaikutusarviot                                     | 24        |
| <b>3</b> | <b>TULOKSET</b>                                    | <b>25</b> |
| 3.1      | Yleistä  | 25        |
| 3.2      | Vaikutukset liikennevirtaan                        | 25        |
| 3.2.1    | Vaikutukset aika- ja ajoneuvoväleihin päätiellä    | 25        |
| 3.2.2    | Vaikutukset päätien ajonopeuksiin liittymäalueella | 27        |
| 3.3      | Muut tulokset                                      | 28        |
| <b>4</b> | <b>TULOSTEN TARKASTELU</b>                         | <b>30</b> |
| 4.1      | Vaikutukset liikenteeseen                          | 30        |
| 4.2      | Järjestelmän kehittäminen                          | 31        |
| 4.2.1    | Ohjausehdot  | 31        |
| 4.2.2    | Ohjausjärjestelmä                                  | 32        |
| 4.2.3    | Loki   | 33        |
| 4.3      | Päätelmät  | 34        |



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Kesällä 2002 Lappeenrannan länsipuolella valtateiden 6 ja 13 liittymässä eli Selkäharjun liittymässä otettiin käyttöön liikennetilanteen mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset. Liittymä oli ollut merkittävä liikenneonnettomuuksien ka-  
saumapaikka (Kauste ym. 2001). Notkossa sijaitseva liittymä oli etenkin työmatkaliikenteen aikaan liikenteellisesti vilkas ja liittyminen sivutieltä (valtat-  
tie 13) vasemmalle päätielle (valtatie 6) oli hankalaa. Sivutieltä vasemmalle kääntymistä hankaloitti liikennemäärien lisäksi päätien kääntymiskaista, jolla olevat ajoneuvot häirsivät näkyvyyttä. Rakennetun järjestelmän tarkoituk-  
sena oli nopeusrajoituksia alentamalla vaikuttaa päätien liikennevirtaan si-  
ten, että sivutieltä liittyminen helpottuisi aiheuttamatta viivytyksiä liikenteelli-  
sesti ongelmattomana aikana.

Liittymän ongelmiin oli haettu ratkaisua useiden vuosien ajan. Jo 1990-luvul-  
la kohteeseen oli suunniteltu eritasoliittymää, mutta sen toteuttamiseen ei  
ollut varaa. Kaakkois-Suomen tiepiirin liikenteen telematiikkaselvityksessä  
(Lähesmaa ym. 1998) kohde luokiteltiin tiepiirin ongelmakohteeksi ja sen  
ongelmien ratkaisemiseksi mietittiin erilaisia telematiikan keinoja. Parhaim-  
maksi keinoksi todettiin silloin pääsuunnan liikennetieto-ohjattu nopeusrajoi-  
tus ja siihen liitetty ylinopeudesta tiedottava taulu. Tällöin järjestelmän suun-  
niteltiin kattavan myös Selkäharjun liittymän viereinen liittymä, niin sanottu  
Tapavainolan liittymä valtatiellä 6 ennen Lappeenrantaa. Tällaisen järjestel-  
män kustannusten arvioitiin silloin olevan noin 220 000 euroa.

Yleissuunnitelma liittymäalueen parantamisesta telematiikan avulla tehtiin  
vuonna 2000 (Kauste ym. 2000). Liittymän ongelmia selvitettiin liikennelas-  
kennoin ja nopeusmittauksin. Lisäksi tutkittiin viivytyksiä ja järjestelmän toi-  
mintaa simuloitiin. Tapavainolan liittymän ongelmien todettiin olevan vähäi-  
siä, ja järjestelmä suunniteltiin ainoastaan Selkäharjun liittymään. Selkähar-  
jun järjestelmän todelliset rakennuskustannukset olivat noin 120 000 euroa.

Järjestelmää päätettiin ohjata automaattisesti päätien liikennemäärän ja liit-  
tyvän tien jononpituuksien mukaan. Alkuperäiset ohjausperiaatteet päätettiin  
pitää muuttumattomina vaikutustutkimuksen tekemiseen saakka, jotta saa-  
daan yhtenäistä tietoa järjestelmän vahvuuksista ja kehittämistarpeista.  
Alennettua nopeusrajoitusta arvioitiin käytettävän noin 8 prosenttia ajasta  
vastaten noin 15–20 prosenttia liikennemäärästä. Simulointitulosten mukaan  
järjestelmä vähensi viivytyksiä sivutiellä, mutta lisäsi päätien viivytyksiä. Jär-  
jestelmän arvioitiin laskevan keskinopeuksia ja parantavan liikenneturvalli-  
suutta 8 prosenttia.

## 1.2 Tavoite

Selkäharjun liittymän ohjausjärjestelmä on Suomessa ja Pohjois-Euroopassa ainutlaatuinen. Järjestelmää tutkimalla haluttiin oppia olemassa olevasta järjestelmästä, sen vaikutuksista, vahvuuksista ja heikkouksista. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää, jos vastaavia järjestelmiä suunnitellaan muualle.

Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, miten järjestelmä oli vaikuttanut eri liikennetilanteissa liikenteen käyttäytymiseen liittymäalueella. Tällä tarkoitettiin pääasiassa järjestelmän vaikutuksia ajonopeuksiin, ajoetäisyyksiin ja aikaväleihin päätiellä ja vaikutuksia odotusaikoihin ja jonojen purkautumiseen sivutiellä. Samalla tarkoituksena oli tuottaa perustietoa liikenteestä eri olosuhteissa, kuten eri liikennemäärillä ja eri keleillä.

Toisena tavoitteena oli arvioida järjestelmän ja ohjausperiaatteiden toimivuutta, jotta järjestelmä voitaisiin kehittää mahdollisimman hyvin toimivaksi ja mahdollisesti muihin vastaaviin paikkoihin asennettavaksi.

## 2 MENETELMÄ JA AINEISTO

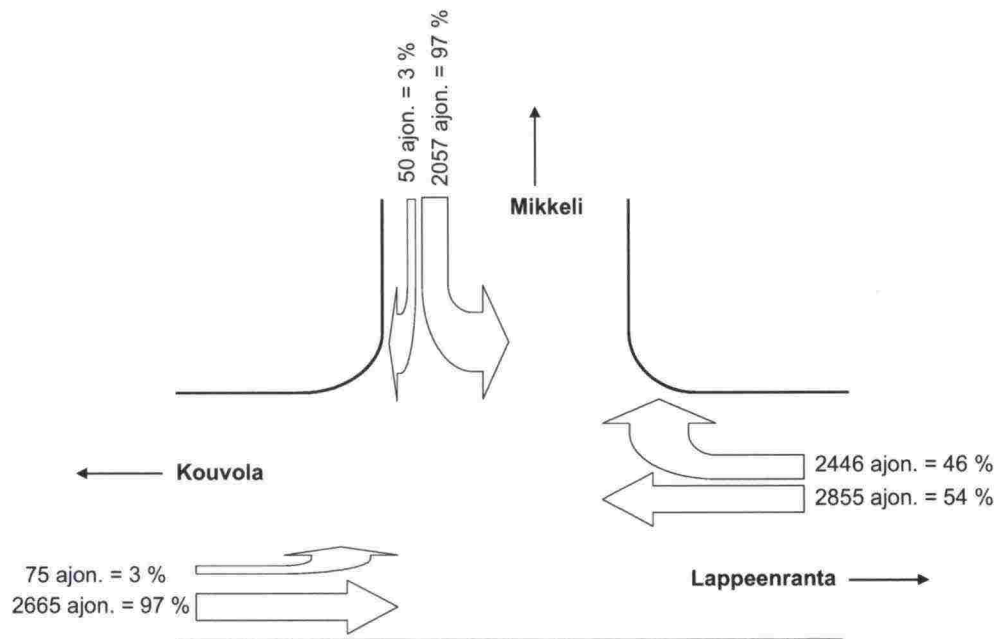
### 2.1 Menetelmä

Tutkimusmenetelmänä oli ennen–jälkeen-tutkimus, jossa arvioitiin järjestelmän vaikutukset eri keliluokissa ja liikennetilanteissa kesä- ja talvikautena.

### 2.2 Tutkimuskohde

#### 2.2.1 Kohteen kuvaus

Lappeenrannan länsipuolella valtateiden 6 ja 13 liittymässä on käytössä automaattisesti liikennetilanteen mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset (järjestelmä). Valtatiellä 6 keskimääräinen liikennemäärä on liittymän kohdalla 7 620 ajoneuvoa vuorokaudessa. Raskaiden ajoneuvojen osuus on arkiliikenteessä 23,9 prosenttia ja koko vuoden liikenteestä 18,5 prosenttia (Tiehallinto 2001). Liittymässä pääsuunnat ovat Kouvolasta ja Mikkelistä Lappeenrantaan sekä päinvastoin (kuva 1).

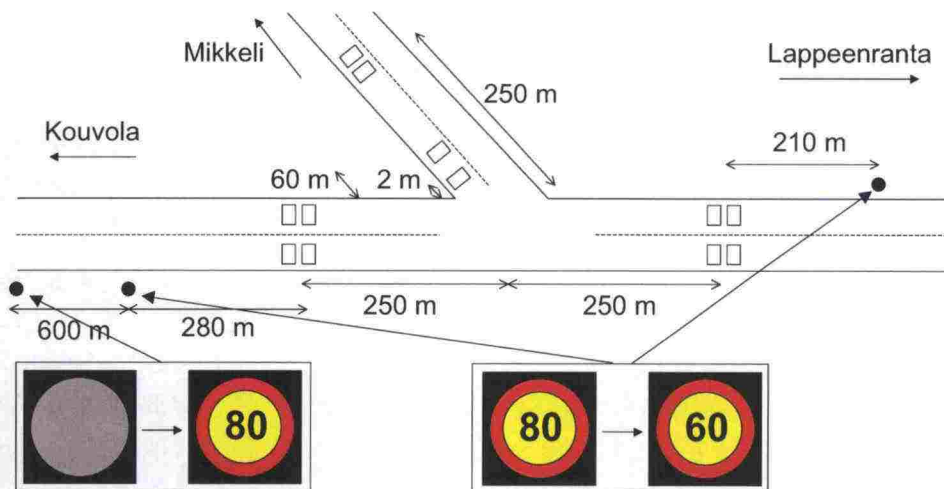


Kuva 1. Selkäharjun liittymän liikennevirta-analyysi keskiviikolta 27.9.2000 klo 6:00–22:00 (Kauste ym. 2000).

Järjestelmän tarkoituksena on vaikuttaa päätien (valtatie 6) liikennevirtaan nopeusrajoituksia alentamalla siten, että sivutieltä sille liittyminen helpottuisi aiheuttamatta viivytyksiä liikenteellisesti ongelmattomana aikana. Järjestel-



mä koostuu kolmesta muuttuvasta nopeusrajoitusmerkistä ja induktioilmaisimista (kuva 2). Sivutien ilmaisimista kahdella liittymää lähinnä olevalla saadaan ainoastaan tieto ajoneuvon läsnäolosta silmukan kohdalla. Muut ilmaisimet ovat kaksoissilmukoita, joilla saadaan tieto muun muassa ajoneuvon nopeudesta ja tyypistä.



Kuva 2. Muuttuvat nopeusrajoitusmerkit ja liikenteen mittauspisteet Selkäharjun liittymässä. Kuva ei ole mittakaavassa.

Liittymästä on noin kahdeksan kilometriä Lappeenrannan keskustaan. Taa-jaman läheisyyden ja lähellä olevan toisen liittymän takia liittymän itäpuolella on ympärivuotinen nopeusrajoitus 80 m/h. Liittymän länsipuolella nopeusrajoitus on 100 km/h (talvinopeusrajoitus 80 km/h). Nopeusrajoitus oli liittymäalueella ennen järjestelmän rakentamista 80 km/h.

Järjestelmä rakennettiin ja otettiin käyttöön vaiheittain. Ennen ohjausjärjestelmän käyttöönottoa, marraskuussa 2001 järjestelmään kuuluvat liikenteenmittauspisteet otettiin käyttöön ja kaksoissilmukoiden tuottamia tietoja ruvettiin tallentamaan. Samalla järjestelmä rupesi laskemaan automaattisesti mittautietojen perusteella ohjaustoimenpiteen ja tallentamaan tämän ns. ennen-lokiin. Maaliskuussa 2002, talvinopeusrajoitusten poiston yhteydessä, liittymäalueen nopeusrajoitus 80 km/h ruvettiin näyttämään LED-merkeillä ja valtatilla 6 liittymän länsipuolella otettiin käyttöön kesänopeusrajoitus 100 km/h.

Ohjausjärjestelmä otettiin käyttöön ja nopeusrajoituksia ruvettiin muuttamaan ohjausehtojen mukaisesti kesäkuussa 2002. Lokakuussa 2002 tietokantaa, johon mittaus- ja ohjaustiedot tallennettiin, muutettiin. Samalla sivutien läsnäolosilmukoiden tietoja ruvettiin tallentamaan tietokantaan ja ohjausehtojen voimassaolon tallennusmuotoa muutettiin. Talvinopeusrajoitus oli käytössä 29.10.2002–27.3.2003.



Järjestelmää ohjaava kone on Kaakkois-Suomen tiepiirissä. Aluksi järjestelmää myös valvottiin Kaakkois-Suomen tiepiiristä ja öisin ja viikonloppuisin Uudenmaan tiepiirin liikennekeskuksesta. Tiehallinnon liikennekeskusuudistuksen myötä valvonta siirtyi vuonna 2003 Tampereelle. Tiehallinnon liikennekeskuksen Helsingin toimipisteessä pysyi edelleen valvontamahdollisuus.

## 2.2.2 Ohjausperiaate

Järjestelmää ohjattiin automaattisesti pää- ja sivutien liikennetilanteen mukaan. Normaalitilanteessa liittymää lännestä lähestyessä ensimmäinen muuttuva nopeusrajoitusmerkki oli pimeänä ja liittymäalueella oli nopeusrajoitus 80 km/h. Nopeusrajoitukset laskettiin, kun jokin ohjausehdoista täyttyi. Ohjausehtoja (taulukko 1) oli käytössä viisi kappaletta, ja ne saattoivat olla voimassa joko yksittäin tai samanaikaisesti.

*Taulukko 1. Selkäharjun liittymän järjestelmän ohjausehdot (YSP 2003).*

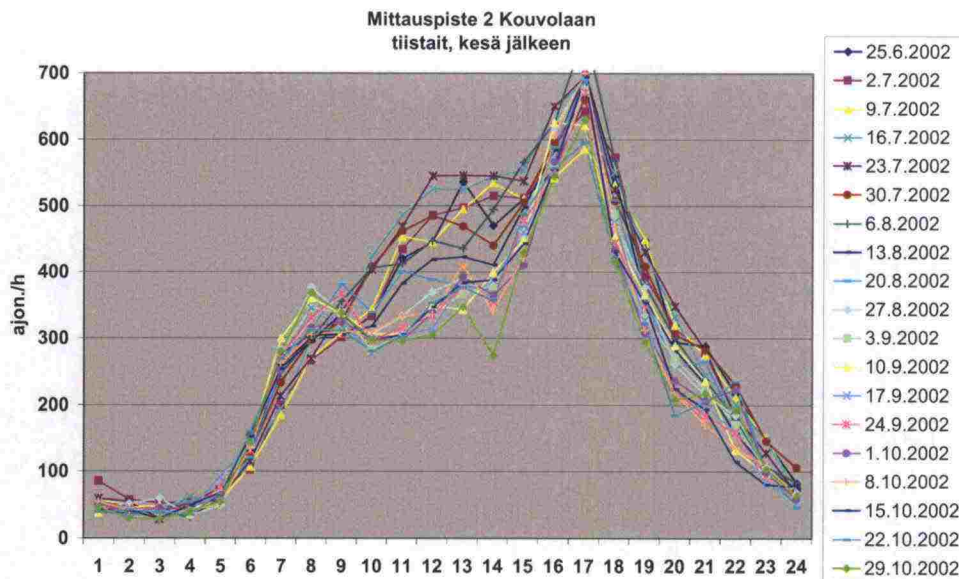
|              |  |
|--------------|--|
| Ohjausehto 1 | Vt13 liittymän läsnäolosilmukka etäisyydellä 2 m varattuna yli 150 s   |
| Ohjausehto 2 | Vt13 liittymän läsnäolosilmukka (etäisyydellä 2 m) varattuna yli 20 s ja yhtä aikaa Vt13 liittymän toinen läsnäolosilmukka (etäisyydellä 60 m) varattuna yli 10 s        |
| Ohjausehto 3 | Vt6 Kouvolan suunnasta liittymään yli 50 ajon./liukuva 5 min ja läsnäolosilmukka etäisyydellä 2 m varattuna yli 20 s   |
| Ohjausehto 4 | Vt6 Kouvolan suunnasta liittymään ja Vt6 Lappeenrannan suunnasta liittymään yhteensä yli 50 ajon./ liukuva 5 min ja läsnäolosilmukka etäisyydellä 2 m varattuna yli 20 s |
| Ohjausehto 5 | Keliohjaus (ei käytössä)   |
| Ohjausehto 6 | Vt 13 Mikkelistä liittymään yli 10 ajon/min ja Vt6 Kouvolasta ja Lappeenrannasta liittymään yhteensä yli 30 ajon/liukuva 5 min   |

Kukin ehto aiheutti toteutuessaan sen, että ensin läntisimmän merkin näyttämä muuttui pimeästä 80 km/h:ksi. Tästä 15 sekunnin kuluttua liittymää ennen olevien merkkien näyttämä laski 80:sta 60 km/h:iin. Kun ohjausehdoista ei ollut mikään voimassa, nopeusrajoitusmerkkien näyttämät palasivat takaisin alkuarvoihinsa. Alennettu nopeusrajoitus oli kuitenkin voimassa aina vähintään 150 sekuntia. Jos ohjausehtoja oli voimassa useita peräkkäin tai samanaikaisesti, nopeusrajoitukset pysyivät alhaalla, kunnes viimeisen ehdon voimaantulosta oli kulunut 150 sekuntia. Tietoliikenneyhteyden katketessa järjestelmä siirtyi perustilaan 80 km/h.

## 2.3 Aineisto

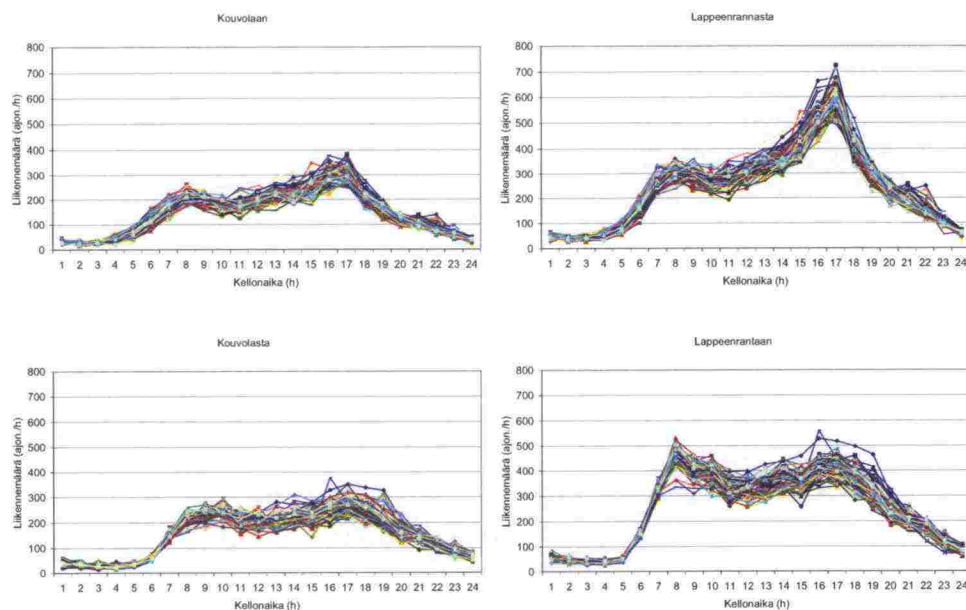
### 2.3.1 Ajankohdat ja tuntiliikennemäärät

Tutkimuksen ennen-aineisto oli ajalta 22.11.2001–19.6.2002 ja jälkeen aineisto ajalta 20.6.2002–27.3.2003. Tutkimusaineisto jaettiin kesään ja talveen talvinopeusrajoitusten käyttöajan mukaan. Aineiston tarkastelu osoitti kuitenkin, ettei kesäajan aineisto ollut liikennemäärien suhteen homogeenista, vaan lomakautena 14.6.–12.8.2002 liikennemäärät olivat selvästi alku- ja loppukesää korkeammat (kuva 3). Kesäkauden aineisto jaettiin siten vielä kahtia ryhmiin lomakausi ja muu kesäkausi.

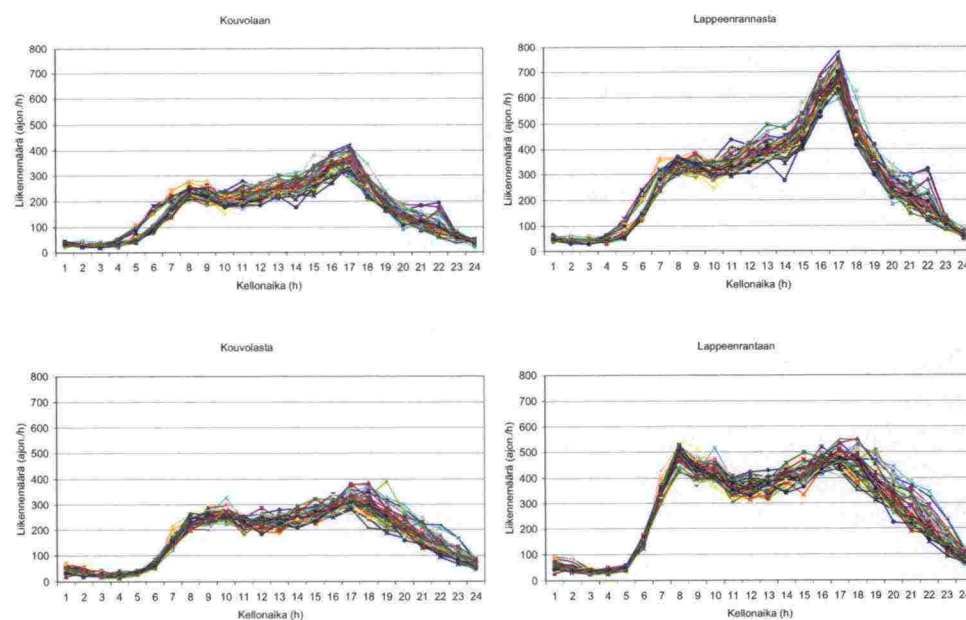


Kuva 3. Esimerkki lomakauden ja muun kesäliikenteen välisistä eroista.

Liikennemäärät olivat liittymän länsipuolella selkeästi pienemmät kuin liittymän itäpuolella (kuvat 4 ja 5). Kesällä liikennemäärät olivat suuremmat kuin talvella. Iltahuipun aikaan liikennemäärät olivat suuremmat kuin aamuhuipun aikaan. Paikoitellen aamuhuippu ei juuri eronnut keskipäivän liikenteestä.



Kuva 4. Tuntiliikennejakauma valtatiellä 6 Selkäharjun liittymässä jälkeentalvena.



Kuva 5. Tuntiliikennejakauma valtatiellä 6 Selkäharjun liittymässä jälkeenesänä.



### 2.3.2 Muuttujat

Tutkimuksessa käytettiin neljän tyyppisiä tietokantoja, joista kolme oli järjestelmään liittyviä. Näissä tietokannassa tapahtumien tallennustarkkuus oli yksi sekunti.

Loki-tietokannan muuttujat olivat seuraavat:

- ohjaustilanteen alkuaika
- merkin ohjaus, tila ja ohjauksen syy (jokaisesta merkistä)
- ohjausehtojen 1–6 voimassaolo (ehtoX\_on, ehtoX\_off, ehto123456\_off)
- jokin ehto voimassa / mikään ehto ei voimassa (0/1-muuttuja).

Kaksoissilmukoiden tuottamissa ajoneuvokohtaisissa tietokannoissa oli seuraavat muuttujat:

- ilmaisimen ohitusajankohta
- nopeus
- liittymän länsipuolisen nopeusrajoitusmerkin näyttämä.

Valtatiellä 13 olevat läsnäolosilmukat tuottivat tietokantaan seuraavat muuttujat:

- varauksen alkuhetki
- varattuna oloaika sekunteina.

Neljäs tietokanta oli Tiehallinnon tietokanta tiekohtaisista keliennusteista. Tietokannassa oli tieosuuskohtaisesti

- ennuste (normaali, huono tai erittäin huono keli)
- ennusteen alkamisajankohta.

### 2.3.3 Aineiston muokkaus ja luokittelu

#### Tieto nopeusrajoituksesta

Ajoneuvokohtaisiin tietokantoihin yhdistettiin voimassa ollut liikennemerkkien ohjaustilanne. Tätä tietoa ei kuitenkaan voitu käyttää suoraan, koska ilmaisimet eivät sijainneet samassa paikassa kuin nopeusrajoitusmerkit vaan yli 200 metriä niiden jälkeen (kuva 2). Näin ollen mittaushetkellä voimassa ollut nopeusrajoitus ei välttämättä ollut sama kuin kuljettajan näkemä nopeusrajoitus.

Ohitusajankohdan nopeusrajoitus määritettiin siten, että kuljettajan näkemän nopeusrajoituksen oletettiin olevan sama kuin hetkellä, jolloin ajoneuvo oli 10 metrin päässä lähestymässä nopeusrajoitusmerkkiä. Pisteiden välinen matka-aika laskettiin ilmaisimella olleen nopeuden mukaisesti.



### Ohjausehdon voimassaolo

Ohjausehdon voimassaolo oli pääteltävissä kahdesta muuttujasta, joista toinen oli 1/0-muuttuja (jokin ehto voimassa, mikään ehto ei voimassa). Toinen kertoi sen, mikä oli viimeksi voimaan tullut tai voimasta pois mennyt ehto tai olivatko kaikki ehdot pois voimasta.

Ennen-aineistossa näiden kahden muuttujan tiedot olivat kuitenkin ristiriitaisia, eli näistä muuttujista ei voinut päätellä, mitä nopeusrajoitusta kulloinkin olisi tullut käyttää. Ennen-aineiston ohjausloki ja laskennallinen nopeusrajoitus muutettiin vastaamaan ohjausperiaatetta ohjauksen syytietojen avulla. Lokin muokkauksessa otettiin huomioon 15 sekunnin ohjausviive ja nopeusrajoituksen 150 sekunnin minimikesto.

### Nopeusrajoitusluokitus

Ohjausehtojen voimassaolon ja voimassa olleen nopeusrajoituksen perusteella nopeusrajoitustilanteet kuuluivat neljään seuraavaan luokkaan:

- 80 km/h (ohjaus oikein)
- 80 km/h (ohjausehto täytynyt, mutta rajoitusta ei vielä alennettu 15 sekunnin viiveen takia)
- 60 km/h (ohjaus oikein)
- 60 km/h (ehdot eivät enää voimassa, mutta rajoitusta ei vielä nostettu 150 sekunnin minimikeston takia).

Nopeusrajoitusluokka 80 km/h (ohjaus oikein) poikkeaa muista luokista sikäli, että siihen kuuluu kahdentyyppisiä havaintoja: päätien hiljaisen liikenteen aikaiset ajoneuvot ja niiden aikajaksojen ajoneuvot, jolloin sivutien liikenne on ollut vähäistä, vaikka päätien liikenne onkin voinut olla vilkasta.

### Kausiluokitus

Liikennemäärät ja liikenteen tuntijakaumat vaihtelivat kausien sisällä. Tästä syystä aineisto jaettiin arki- (maanantai–perjantai-iltapäivä) ja viikonloppuliikenteeseen (perjantai-iltapäivä–sunnuntai). Lisäksi aineistosta erotettiin pyhäpäivät tai muuten erikoiset päivät, joiden tuntiliikennekäyrä poikkesi selvästi kyseisen viikonpäivän keskimääräisestä käyrästä. Nämä päivät yhdistettiin viikonloppuliikenteeseen.

### Kelin määrittäminen

Talvella ajoetäisyydet vaihtelevat kelin mukaan, kuten myös sivutieltä päätielle kääntyvien ajoneuvojen kuljettajien hyväksymät ajoneuvovälit. Tästä syystä talviaineisto luokiteltiin kelin mukaan.

Ajoneuvokohtainen keliluokitus tehtiin Tiehallinnon antamien tiekohtaisten keliennusteiden perusteella luokkiin normaali, huono ja erittäin huono keli. Valtateille 6 ja 13 annetut keliennusteet erosivat hieman toisistaan siten, että valtatie 6 kelin oli ennustettu olevan hieman parempi kuin valtatie 13. Eri

ennusteiden ajalliset erot olivat kuitenkin melko vähäisiä, ja luokituksessa päätettiin käyttää valtatien 6 ennusteita.

### **Liittymän ruuhkautuminen**

Järjestelmällä haluttiin parantaa sivusuunnan liikenteen sujuvuutta erityisesti liittymän ruuhkautuessa. Ruuhkan määritettiin olevan tilanne, jossa liittymään saapuu paljon liikennettä valtatietä 6 pitkin joko Kouvolasta tai Lappeenrannasta tai molemmista suunnista yhteensä.

Tarkoituksena oli erottaa ruuhkahuiput muusta liikenteestä. Ruuhkan määrittelyyn käytettiin jälkeen-talven aineistoa. Liittymää edeltävien mittauspisteiden ajoneuvohavainnot yhdistettiin ja järjestettiin ajankohdan mukaan. Jokaiselle havainnolle laskettiin tuntiliikennemääräluokka ajoneuvomäärästä, joka oli ohittanut jommankumman mittauspisteen kyseisen ajoneuvon ilmaisimen ohitusajankohtaa edeltävän 15 minuutin aikana. Tarkastelu tehtiin erikseen arkipäiville (ma-to), perjantaille ja viikonlopuille vuorokauden jokaiselle vartille.

Ruuhkan rajan määritettiin olevan 600 ajoneuvoa tunnissa, sillä tämä liikennemääräraja ylittyi vain harvoin iltapäivällä, mutta toisaalta siihen kuului suurin osa arki-iltapäivän ruuhkahuipun (15:30–17:30) havainnoista. Aamuruuhkahuipun liikennemäärät olivat selvästi iltapäivää alhaisemmat (kuva 4), mutta ruuhkarajan päätettiin kuitenkin olevan sama vuorokaudenajasta riippumatta.

### **Ajoneuvojen väliset etäisyydet**

Ajoneuvojen välisiä aikavälejä tutkittiin bruttoaikavälien<sup>1</sup> avulla. Nettoaikavälejä<sup>2</sup> ei voitu määrittää, koska tietokantaan ei ollut tallennettu tietoa ajoneuvojen pituuksista.

Aikavälien lisäksi tutkittiin myös ajoneuvojen välisiä ajoetäisyyksiä. Ajoneuvojen välinen etäisyys laskettiin hetkellä, jolloin jälkimmäinen ajoneuvo oli ilmaisimien kohdalla oletuksella, että edellinen ajoneuvo oli pitänyt ajoneuvonsa vakiona ilmaisimen ylitettyään.

---

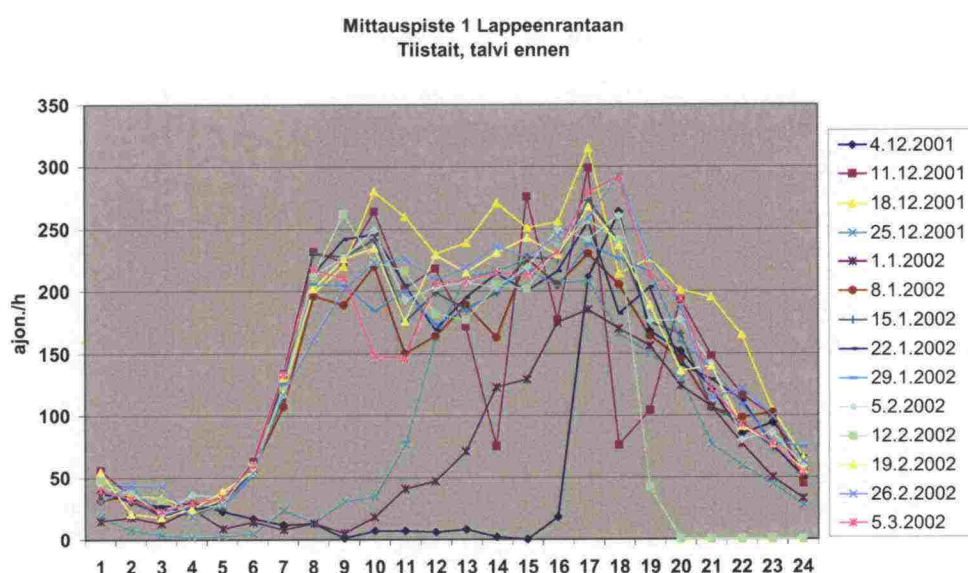
<sup>1</sup> Kahden peräkkäisen ajoneuvon aikaero keulasta keulaan näiden ohittaessa tietyn poikkileikkauksen

<sup>2</sup> Kahden peräkkäisen ajoneuvon aikaero perästä keulaan näiden ohittaessa tietyn poikkileikkauksen



### 2.3.4 Aineiston karsinta ja puutteet

Aineistojen tarkastelu osoitti, että tutkimusjaksolla oli ollut hetkiä, joiden aikana liikennetieto ei ollut siirtynyt ilmaisimilta liikennekeskuksen tietokantoihin joko lainkaan tai oli siirtynyt vain osittain (kuva 6). Aineistosta päätettiin karsia kaikki päivät, joina tiedonsiirrossa oli ollut aineistosta tehtyjen tuntiliikennekäyrien perusteella katkoja. Koko aineistossa tällaisia päiviä oli yhteensä 91. Näistä karsituista päivistä 42 oli ennen-talvelta. Karsinnan jälkeen ennen-jakson alkamispäiväksi tuli 14.12.2001.



Kuva 6. Esimerkki tiedonsiirtokatkoista kaksoissilmukalta. Kuvan aineistoista hylättiin 5 päivää.

Tiekohtaiset keliennusteet puuttuivat pääsääntöisesti yöajalta. Tämän takia vaikutusarvioaineistosta poistettiin klo 23–05 väliset havainnot. Vaikkei keliennusteita annettukaan kesällä, yöajat poistettiin myös kesäaineistosta, jotta talvi- ja kesäaineistot säilyivät vertailukelpoisina. Yöajan liikennemäärät olivat kohteessa niin vähäisiä, etteivät ohjausehdot joitain poikkeuksia lukuun ottamatta olleet näinä aikoina täyttyneet.

Läsnäolosilmukka-aineistossa oli tieto silmukan varautumishetkestä ja varausajan pituudesta. Tiedonsiirto-ongelmien takia läsnäolosilmukka-aineistossa oli monikkorivejä, eli sama tieto oli kirjattu tietokantaan useaan kertaan peräkkäin kahden sekunnin välein (kuva 7). Tällaiset monikkohavainnot yli kahden sekunnin läsnäoloista poistettiin aineistosta, mutta koska aineistossa olevat perättäiset kahden sekunnin läsnäolot saattoivat olla joko todellisia havaintoja tai virheellisiä monikkorivejä, ne säästettiin.

Sivutien läsnäolosilmukat eivät tunnistanee ajoneuvotyyppiä. Erittäin hitaasti ilmaisimen yli ajanut rekka näkyi aineistossa mahdollisesti samanlaisena havaintona, kuin ilmaisimen päällä saman ajan paikallaan ollut henkilöauto.

| Nro       | Aika             | Pvm               | Saapumisaika    | Varausaika (s) |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| 5         | 719760807        | 22.10.2002        | 13:33:27        | 1              |
| 6         | 719760809        | 22.10.2002        | 13:33:29        | 1              |
| 7         | 719760813        | 22.10.2002        | 13:33:33        | 3              |
| 8         | 719760820        | 22.10.2002        | 13:33:40        | 4              |
| 9         | 719760836        | 22.10.2002        | 13:33:56        | 15             |
| <b>10</b> | <b>719760838</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:33:58</b> | <b>15</b>      |
| <b>11</b> | <b>719760840</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:00</b> | <b>15</b>      |
| 12        | 719760859        | 22.10.2002        | 13:34:19        | 17             |
| <b>13</b> | <b>719760862</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:22</b> | <b>17</b>      |
| <b>14</b> | <b>719760864</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:24</b> | <b>17</b>      |
| 15        | 719760870        | 22.10.2002        | 13:34:30        | 4              |
| <b>16</b> | <b>719760872</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:32</b> | <b>4</b>       |
| <b>17</b> | <b>719760874</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:34</b> | <b>4</b>       |
| <b>18</b> | <b>719760876</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:36</b> | <b>4</b>       |
| <b>19</b> | <b>719760878</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:38</b> | <b>4</b>       |
| 20        | 719760885        | 22.10.2002        | 13:34:45        | 5              |
| <b>21</b> | <b>719760887</b> | <b>22.10.2002</b> | <b>13:34:47</b> | <b>5</b>       |

Kuva 7. Esimerkkejä läsnäolosilmukan monikkohavainnoista (lihavoitu).

Koska tapahtumien tallennustarkkuus oli yksi sekunti, samalla sekunnilla saattoi olla useita havaintoja, jos ajoneuvot olivat ajaneet lähellä toisiaan. Peräkkäiset havainnot saattoivat olla myös täysin identtisiä. Tällaisten tapausten tulkittiin olevan todellisia havaintoja, joissa ajoneuvot olivat ajaneet jonossa lähellä toisiaan samalla nopeudella. Toisaalta, ne olisivat voineet olla myös tallennuksesta johtuvia virheellisiä monikkorivejä, mutta koska tällaisia havaintoja oli vähän, niiden oikeellisuutta ei selvitetty.

Lokitiedostoon oli tallennettu uusi rivi aina ohjauskomennon lähdettyä kullekin merkille ja tilatiedon saavuttua kultakin merkiltä. Yhden sekunnin tallennustarkkuus aiheutti sen, että lokitiedostossa oli samalla sekunnilla useita erilaisia rivejä. Näissä tapauksissa viimeisen rivin oletettiin kuvaavan tapahtumien lopputilannetta ja sitä edeltävät rivit karsittiin.

Aineistossa oli ristiriitaista tietoa vallinneesta nopeusrajoituksesta. Lokista havaittiin, että tietokantamuutoksen jälkeen liittymän itäpuolisen merkin tilatieto saattoi päivittyä vasta useita minuutteja ohjauskomennon lähtemisen jälkeen, kun taas länsipuolen merkin tilatieto päivittyi välittömästi. Voidaan kuitenkin olettaa, että kummankin 60/80-merkin tila oli muuttunut samanai-



kaisesti (Tuomainen 2003). Tämän perusteella päätettiin käyttää länsipuolisen merkin tilatietoja kummankin suunnan rajoitustietona.

Ajoneuvojen kuuluminen eri nopeusrajoitusluokkiin oli pääteltävissä nopeusrajoitusmerkkien tilatietojen ja ehtojen voimassaolotietojen perusteella. Ennen-aineiston neliportainen luokitus ei ollut täysin luotettava, sillä ohjauslokiin jouduttiin jälkikäteen määrittelemään nopeusrajoitusten voimaantulovii-  
veet. Jälkeen-jaksolta ennen tietokantamuutoksen tekoa neliportaista luokitusta ei voitu tehdä, sillä ehdotiedot eivät olleet tietokantakuvausten mukaisia eivätkä loogisia. Muuttujien tiedot olivat siis ristiriitaisia myös sen jälkeen, kun järjestelmä otettiin käyttöön, ja ristiriitaisuudet poistuivat vasta tietokantamuutoksen jälkeen. Lomakauden ja muun kesäkauden jälkeen-aineistosta oli tiedossa ainoastaan voimassa ollut nopeusrajoitus mutta ei tietoa siitä, olivatko ehdot voimassa vai eivät.

Jälkeen-talviaineistosta kunkin ehdon voimassaolon tunnistamien oli periaatteessa mahdollista. Aineiston manuaalinen tarkastelu kuitenkin paljasti lokista virheitä, joiden takia yksittäisen ehdon voimassaolon joko alkamis- tai päättymishetkeä ei tiedetty. Lisäksi aineistossa oli tapauksia, jolloin nopeusrajoitus oli alennettu, vaikka ehtojen voimassaolotiedon mukaan yksikään ehto ei ollut voimassa (kuva 8).

| Alkuaika | Loppuaika | Kesto   | Ohjausko-<br>mento | Tilatieto | Ohjauksen<br>syy          | Ehtojen<br>voimassaolo | Ehtojen<br>voimassaolo |
|----------|-----------|---------|--------------------|-----------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 17:14:26 | 17:14:41  | 0:00:15 | 80                 | 80        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |
| 17:14:41 | 17:16:54  | 0:02:13 | 60                 | 60        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |
| 17:16:54 | 17:16:57  | 0:00:03 | 80                 | 60        | auto,liikenneohjaus_alkut | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |
| 17:16:57 | 17:17:09  | 0:00:12 | 80                 | 60        | auto,liikenneohjaus_alkut | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |
| 17:17:09 | 17:17:20  | 0:00:11 | 80                 | 80        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_4_ON              | 1                      |
| 17:17:20 | 17:17:23  | 0:00:03 | 60                 | 80        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_4_ON              | 1                      |
| 17:17:23 | 17:17:34  | 0:00:11 | 60                 | 80        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_4_ON              | 1                      |
| 17:17:34 | 17:18:48  | 0:01:14 | 60                 | 60        | auto,liikenneohjaus_ehto2 | ehto_4_off             | 1                      |
| 17:18:48 | 17:19:29  | 0:00:41 | 60                 | 60        | auto,liikenneohjaus_ehto2 | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |
| 17:19:29 | 17:20:25  | 0:00:56 | 60                 | 60        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_4_ON              | 1                      |
| 17:20:25 | 17:20:32  | 0:00:07 | 60                 | 60        | auto,liikenneohjaus_ehto4 | ehto_1_2_3_4_5_6_OFF   | 0                      |

Kuva 8. Esimerkkejä jälkeen-talvi-aineiston lokivirheistä. Toisella rivillä nopeusrajoitus on laskettu 60 km/h:iin ehdon 4 perusteella, vaikka ehtojen voimassaolomuuttujien mukaan mikään ehto ole mennyt päälle. Kahdeksannella rivillä ohjauksen syynä on ehto 2, vaikka se ole voimassaolomuuttujien mukaan mennyt päälle.

## 2.4 Vaikutusarviot

Järjestelmän tarkoituksena oli helpottaa sivutieltä vasemmalle liittymistä aiheuttamatta viivytystä pääsuunnan liikennevirralle liikenteellisesti ongelmattomana aikana. Tämän pitäisi ensisijaisesti näkyä sivutien odotusaikojen lyhentymisenä. Järjestelmän vaikutuksia sivutien odotusaikoihin ei kuitenkaan voitu tutkia, sillä läsnäolosilmukoiden tiedot oli tallennettu ainoastaan jälkeentalvena.

Liittymisen helpottumista voidaan toissijaisesti arvioida päätien aikavälien perusteella. Päätiellä liittymistä varten riittävän pitkien aikavälien osuuden pitäisi kasvaa, jotta järjestelmälle asetettu tavoite toteutuisi. Näiden riittävän pitkien aikavälien osuuden selvittämiseksi tutkittiin päätien aikavälijakaumaa. Toinen asiaan vaikuttava seikka on sivutien ajoneuvojen hyväksymän kriittisen aikavälin suuruus eri tilanteissa.

Kriittisen aikavälin määrittämistä varten olisi pitänyt olla tieto hetkestä, jolloin sivutien ajoneuvo saapuu pysäytysviivalle sekä sen hyväksymästä ja hylkäämistä aikaväleistä. Saapumisajankohtatietoa ei kuitenkaan ollut saatavilla ennen-jaksolta. Lisäksi päätien eri suuntien aikavälitietoja voitu yhdistää, sillä liittymään Lappeenrannan suunnasta saapuvista ajoneuvoista lähes puolet kääntyi oikealle. Näitä kääntyviä ajoneuvoja, joiden matka-aika mittauspisteestä liittymään lieenee pidempi edessä olevan kääntymisen takia, ei voitu erottaa muista mittauspisteen ohittaneista ajoneuvoista. Toisaalta nämä ajoneuvot kääntymisestään huolimatta vaikuttavat hyväksyttävään aikaväliin.

Aineistoista oli siis mahdollista arvioida ainoastaan järjestelmän vaikutuksia päätien liikennevirtaan, tarkemmin sanottuna ajoneuvojen aikaväleihin ja nopeuksiin. Aikavälejä tarkasteltiin tietynmittaisten bruttoaikavälien ajallisen osuuden avulla. Nopeuksista voitiin tarkastella keskinopeuden lisäksi hitaimpien ja nopeimpien ajoneuvojen nopeuksia ( $v_{15}$  ja  $v_{85}$ ).

Selkäharjun liittymän kriittisiä aikavälejä ei ollut aikaisemmin tutkittu eikä niitä pystytty tästäkään aineistosta määrittämään. Ruotsalaisen käytännön mukaisesti nopeusrajoitusalueella 80 km/h kriittinen aikaväli on arvioitu noin sekunnin verran pidemmäksi kuin nopeusrajoitusalueella 60 km/h. Mm. yhdysvaltalaisen Highway Capacity Manualin sekä saksalaisen ja tanskalaisen menetelmän mukaan nopeusrajoituksella ei ole vaikutusta kriittiseen aikaväliin. Suomessa arvio nopeusrajoituksen vaikutuksesta perustunee vanhoihin ruotsalaisiin tuloksiin. (Luttinen 2003.)

Voidaan olettaa, ettei kriittinen aikaväli ainakaan kasva päätien nopeuksien laskiessa. Jos päätien aikavälijakauma siirtyy siten, että pitkien aikavälien osuus kasvaa, voidaan sanoa, että liittyminen helpottuu. Jos taas aikavälijakauma ei muutu, pitäisi tietää, pieneneekö kriittinen aikaväli päätien nopeuksien laskiessa, jotta järjestelmän tavoitteen toteuma voitaisiin todentaa.

### **3 TULOKSET**

#### **3.1 Yleistä**

Järjestelmän vaikutukset liikenteeseen ennen–jälkeen-asetelmalla oli mahdollista selvittää ainoastaan talvi-aineistosta. Kesän jakautuminen loma- ja muuhun aikaan aiheutti sen, että loma-ajan ennen-aineisto jäi liian pieneksi. Toisaalta järjestelmän vaikutusten selvittäminen kesäajasta ei ylipäänsä ollut mahdollista, sillä talvikauden päätyttyä liittymän nopeusrajoitus näytettiin LED-merkein, vaikkei järjestelmä muuten ollut käytössä. LED- tai vastaavien merkkien on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu sinällään jo muuttavan liikenteen käyttäytymistä (Luoma 1996, Penttinen ym. 1999). Kesäajan tulokset kuvaavat siis ainoastaan käytetyn nopeusrajoituksen vaikutusta.

#### **3.2 Vaikutukset liikennevirtaan**

##### **3.2.1 Vaikutukset aika- ja ajoneuvoväleihin päätiellä**

Nopeusrajoituksen alentaminen ei vaikuttanut normaalilla kelillä, ei arkena (taulukko 2) eikä pyhänä, kummankaan ajosuunnan aikavälijakaumaan. Lyhyiden (alle 10 s) ja keskipitkien (alle minuutti) bruttoaikavälien ajalliset osuudet olivat pysyneet samoina. Eroa ei ollut myöskään tarkasteltaessa Kouvolasta vilkkaaseen aikaan (300–400 ajon./h) saapunutta liikennettä. Huonolla kelillä Lappeenrannasta tulevan liikenteen lyhyiden bruttoaikavälien ajallinen osuus kasvoi hieman. Tosin huonon kelin havaintomäärät olivat etenkin ennen-aineistossa vähäiset. Liikennetieto-ohjaus ei vaikuttanut myöskään ajoneuvojen välisiin etäisyyksiin (taulukko 3).



Taulukko 2. Liikennetieto-ohjauksen (60 km/h) vaikutus päätien aikavälien ajalliseen jakaumaan talvella arkipäivinä.

| brutto-aikaväli (s) | normaali keli |             |              |              |             |              | huono keli |             |              |              |             |              |
|---------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|                     | Kouvola       |             |              | Lappeenranta |             |              | Kouvola    |             |              | Lappeenranta |             |              |
|                     | ennen (%)     | jälkeen (%) | ero (%-yks.) | ennen (%)    | jälkeen (%) | ero (%-yks.) | ennen (%)  | jälkeen (%) | ero (%-yks.) | ennen (%)    | jälkeen (%) | ero (%-yks.) |
| alle 2              | 3             | 3           | 0            | 5            | 5           | 0            | 3          | 3           | 0            | 3            | 4           | 1            |
| alle 4              | 8             | 8           | -1           | 14           | 13          | -1           | 8          | 8           | 0            | 10           | 11          | 1            |
| alle 6              | 12            | 11          | -1           | 21           | 20          | -1           | 11         | 12          | 0            | 16           | 18          | 1            |
| alle 8              | 14            | 13          | -1           | 27           | 26          | -1           | 14         | 15          | 0            | 21           | 24          | 2            |
| alle 10             | 16            | 16          | -1           | 34           | 33          | -1           | 16         | 17          | 0            | 27           | 30          | 3            |
| alle 12             | 18            | 18          | -1           | 40           | 39          | -1           | 18         | 19          | 0            | 32           | 36          | 3            |
| alle 14             | 21            | 19          | -1           | 46           | 45          | -1           | 20         | 21          | 1            | 38           | 41          | 3            |
| alle 16             | 23            | 21          | -1           | 52           | 51          | -1           | 22         | 23          | 1            | 43           | 47          | 4            |
| alle 18             | 25            | 23          | -1           | 57           | 56          | -1           | 24         | 24          | 1            | 48           | 52          | 3            |
| alle 20             | 27            | 26          | -1           | 61           | 60          | -1           | 26         | 26          | 1            | 53           | 56          | 3            |
| alle 22             | 29            | 28          | -1           | 65           | 64          | -1           | 27         | 28          | 1            | 57           | 60          | 3            |
| alle 24             | 31            | 30          | -1           | 69           | 68          | -1           | 29         | 30          | 1            | 60           | 64          | 4            |
| alle 26             | 33            | 32          | -1           | 72           | 71          | -1           | 31         | 32          | 1            | 63           | 67          | 4            |
| alle 28             | 36            | 35          | -1           | 75           | 74          | -1           | 33         | 34          | 1            | 66           | 70          | 4            |
| alle 30             | 38            | 37          | -1           | 78           | 77          | -1           | 35         | 36          | 1            | 69           | 73          | 4            |
| alle 32             | 41            | 39          | -1           | 81           | 80          | -1           | 37         | 38          | 1            | 71           | 75          | 4            |
| alle 34             | 43            | 42          | -1           | 83           | 82          | 0            | 39         | 40          | 1            | 74           | 78          | 4            |
| alle 36             | 45            | 44          | -1           | 85           | 84          | -1           | 41         | 42          | 1            | 76           | 80          | 4            |
| alle 38             | 48            | 47          | -1           | 86           | 86          | 0            | 43         | 43          | 0            | 78           | 82          | 3            |
| alle 40             | 50            | 49          | -1           | 88           | 88          | 0            | 46         | 45          | -1           | 80           | 84          | 3            |
| alle 42             | 52            | 51          | -1           | 89           | 89          | 0            | 48         | 47          | 0            | 82           | 86          | 3            |
| alle 44             | 54            | 53          | -1           | 90           | 90          | 0            | 50         | 49          | 0            | 84           | 87          | 3            |
| alle 46             | 56            | 55          | -1           | 91           | 92          | 0            | 51         | 51          | 0            | 85           | 89          | 4            |
| alle 48             | 58            | 57          | -1           | 92           | 93          | 0            | 53         | 53          | 0            | 86           | 90          | 4            |
| alle 50             | 60            | 59          | -1           | 93           | 94          | 0            | 55         | 55          | 0            | 87           | 91          | 4            |
| alle 52             | 62            | 61          | -1           | 94           | 94          | 0            | 57         | 57          | 0            | 89           | 92          | 3            |
| alle 54             | 64            | 63          | -1           | 95           | 95          | 0            | 59         | 58          | 0            | 90           | 93          | 3            |
| alle 56             | 66            | 65          | -1           | 96           | 96          | 0            | 61         | 61          | 0            | 91           | 93          | 2            |
| alle 58             | 68            | 67          | -1           | 96           | 96          | 0            | 63         | 63          | 0            | 92           | 94          | 2            |
| alle 60             | 70            | 69          | -1           | 97           | 97          | 0            | 65         | 64          | -1           | 93           | 95          | 2            |
| kaikki              | 100           | 100         | 0            | 100          | 100         | 0            | 100        | 100         | 0            | 100          | 100         | 0            |
| koko (h)            | 97            | 279         |              | 102          | 291         |              | 26         | 41          |              | 28           | 43          |              |

Taulukko 3. Liikennetieto-ohjauksen (60 km/h) vaikutus päätien (liittymää Kouvolasta lähestyvä liikenne) matkavälien jakaumaan talvella normaalilla kelillä.

| Ajoneuvojen osuus eri luokissa |         | Ennen (%)                          |          |          |          |          |          |                  | Jälkeen (%)                        |          |          |          |          |          |                  | Erotus* (%-yks.)                   |          |          |          |          |          |    |
|--------------------------------|---------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----|
|                                |         | Etäisyys edelliseen ajoneuvoon (m) |          |          |          |          |          | Havaintoja (kpl) | Etäisyys edelliseen ajoneuvoon (m) |          |          |          |          |          | Havaintoja (kpl) | Etäisyys edelliseen ajoneuvoon (m) |          |          |          |          |          |    |
|                                |         | 100<br>v                           | 200<br>v | 300<br>v | 400<br>v | 500<br>v | 500<br>^ |                  | 100<br>v                           | 200<br>v | 300<br>v | 400<br>v | 500<br>v | 500<br>^ |                  | 100<br>v                           | 200<br>v | 300<br>v | 400<br>v | 500<br>v | 500<br>^ |    |
| arki                           | < 200   | 39                                 | 52       | 58       | 63       | 67       | 100      | 2660             | 42                                 | 56       | 62       | 67       | 71       | 100      | 8610             | 3                                  | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | -4 |
|                                | 200–300 | 51                                 | 65       | 71       | 75       | 79       | 100      | 16949            | 53                                 | 66       | 72       | 76       | 80       | 100      | 47479            | 1                                  | 0        | 0        | 0        | 1        | 1        | -1 |
|                                | 300–400 | 57                                 | 71       | 77       | 81       | 84       | 100      | 4374             | 60                                 | 74       | 79       | 83       | 86       | 100      | 11589            | 0                                  | 1        | 0        | 1        | 0        | 0        | -2 |
| pyhä                           | < 200   | 45                                 | 56       | 61       | 64       | 69       | 100      | 2075             | 44                                 | 55       | 62       | 66       | 70       | 100      | 5069             | -2                                 | 1        | 2        | 1        | 0        | 0        | -2 |
|                                | 200–299 | 54                                 | 66       | 71       | 75       | 78       | 100      | 11318            | 55                                 | 66       | 72       | 76       | 80       | 100      | 26781            | -1                                 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | -1 |
|                                | 300–399 | 64                                 | 76       | 80       | 84       | 86       | 100      | 10569            | 65                                 | 77       | 82       | 85       | 88       | 100      | 19547            | -1                                 | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0  |
|                                | 400–499 | 69                                 | 81       | 86       | 89       | 91       | 100      | 5538             | 71                                 | 83       | 87       | 89       | 91       | 100      | 9674             | -2                                 | 1        | -1       | 0        | 0        | 0        | 1  |

\* Erotuksessa otettu huomioon LED-merkin vaikutus erikseen kussakin luokassa  
(erotus = (etäisyys<sub>60 jälkeen</sub> – etäisyys<sub>60 ennen</sub>) – (etäisyys<sub>80 jälkeen</sub> – etäisyys<sub>80 ennen</sub>))

### 3.2.2 Vaikutukset päätien ajonopeuksiin liittymäalueella

Oman suunnan liikennemäärä vaikutti nopeuksiin siten, että keskinopeus laski tasaisesti liikennemäärän kasvaessa. Esimerkkinä voidaan ottaa liittymää Lappeenrannasta lähestynyt liikenne. Jälkeen-tilanteessa normaalilla kelillä nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h keskinopeus oli oman suunnan tuntiliikennemäärällä alle 200 ajoneuvoa tunnissa 80 km/h ja tuntiliikennemäärällä 600–700 ajoneuvoa tunnissa 75 km/h. Ruuhkaluokituksella, jossa otettiin huomioon ajankohta ja kummankin suunnan yhteenlaskettu liikennemäärä, ei ollut vaikutusta nopeuksiin.

Järjestelmä alensi ohjaustilanteissa (rajoitus 60 km/h) keskinopeutta normaalilla kelillä 7 km/h. Huonolla kelillä muutos oli 6 km/h ja erittäin huonolla kelillä 4–8 km/h ajosuunnasta riippuen. Järjestelmän vaikutus nopeuksiin oli vakio oman suunnan liikennemäärästä riippumatta.

Kesällä keskinopeudet olivat ajosuunnasta riippuen 1–2 km/h korkeammat kuin talvella normaalilla kelillä. Lomakauden nopeudet eivät eronneet muun kesäkauden nopeuksista. Kesällä nopeusrajoituksen 60 km/h käyttö alensi nopeuksia 7–9 km/h.

Tutkimuskohteessa LED-merkki nosti ajoneuvojen keskinopeutta perinteiseen merkkiin verrattuna erittäin huonolla kelillä 2–3 km/h, kun nopeusrajoitus oli 80 km/h. Erittäin huonolla kelillä erityisesti alimmat nopeudet (v<sub>15</sub>) oli-



vat kasvaneet, mutta huippunopeuksiin ( $v_{85}$ ) merkkityypillä ei ollut vaikutusta. Muilla keleillä merkkityyppi ei vaikuttanut ajonopeuksiin. Talviajan havainnoista noin 2 % oli erittäin huonolta keliltä.

### 3.3 Muut tulokset

Alennettua nopeusrajoitusta käytettiin kohteessa 19–30 % ajasta vuoden ajasta riippuen (taulukko 4). Kesällä liikennemäärien ollessa talvea suuremmat alennettua rajoitusta käytettiin enemmän kuin talvella. Tuloksissa on mukana yöajan liikenne.

*Taulukko 4. Nopeusrajoitusten ajalliset käyttöosuudet jälkeen-jaksolla.*

|                  | 80 km/h | 60 km/h | Ei tietoa / käsiohjaus |
|------------------|---------|---------|------------------------|
| Loma ja muu kesä | 68 %    | 30 %    | 2 %                    |
| Talvi            | 81 %    | 19 %    | 0 %                    |

Jälkeen-talviaineiston mukaan päätien kuljettajista 38 % näki rajoituksen 60 km/h (taulukko 5). Tämän lisäksi 15 sekunnin nopeusrajoituksen alentamisviipeen takia 2 % kuljettajista ei nähnyt rajoitusta 60 km/h, vaikka ohjausehtojen mukainen liikennetilanne olisi niin edellyttänyt. Kesän aineistosta kyseistä luokittelua ei pystytty tekemään.

*Taulukko 5. Havaintoja eri nopeusrajoitusluokissa jälkeen-talviaineistossa.*

| Nopeusrajoitustilanne         | Liittymään Kouvola |         | Liittymään Lappeenranta |         |
|-------------------------------|--------------------|---------|-------------------------|---------|
|                               | Ajoneuvoja         | %-osuus | Ajoneuvoja              | %-osuus |
| 80 km/h oikein                | 261 596            | 61      | 407 269                 | 60      |
| 60 km/h oikein                | 48 166             | 11      | 47 678                  | 7       |
| 60 km/h, pitäisi olla 80 km/h | 106 468            | 25      | 212 462                 | 31      |
| 80 km/h, pitäisi olla 60 km/h | 11 857             | 3       | 9 534                   | 1       |

Alennettua nopeusrajoituksen minimikeston takia 77 % nopeusrajoituksen 60 km/h nähneistä kuljettajista näki sen turhaan, eli liikennetilanne ei enää olisi edellyttänyt alennettua rajoituksen käyttöä (taulukko 5). Lokin tarkastelu osoitti kuitenkin, ettei minimikesto välttämättä ollut aina ohjausperiaatteen mukainen 150 sekuntia. Se saattoi olla pienen otoksen tarkastelun perusteella jopa 5 minuutin mittainen, mikä on voinut vaikuttaa merkittävästi alennettua nopeusrajoituksen näyttämiseen aiheettomasti. Lisäksi havaittiin, että niistä kuljettajista, joiden piti nähdä rajoitus 80 km/h, 32 % näki rajoituksen 60 km/h ja 18 % niistä kuljettajista, jotka olivat ohjausehtojen mukaisessa 60 km/h -liikennetilanteessa, näki rajoituksen 80 km/h.



Päätiellä oli alennettu nopeusrajoitus sitä todennäköisemmin, mitä enemmän sivutieltä saapui liikennettä liittymään (taulukko 6). Päiväliikenteessä kolmannes sivutien ajoneuvoista saapui liittymään alennetun nopeusrajoituksen aikana. Ohjausehdot olivat kuitenkin voimassa harvemmin kuin joka kymmenennen ajoneuvon kohdalla. On kuitenkin huomattava, että taulukon luvut ovat ainoastaan suuntaa-antavia, koska ne on määritetty ilmaisimilta, jotka sijaitsevat 250 metriä ennen liittymää eikä hetkeltä, jolloin ajoneuvot saapuvat liittymään.

*Taulukko 6. Sivutien liittymään tulevan liikennemäärän, ohjausehtojen voimassaolon ja voimassa olleen nopeusrajoituksen vastaavuus talvella. Määritetty ilmaisimilta, jotka sijaitsevat 250 metriä ennen liittymää.*

| Sivutien tuntiliikennemäärä (ajon./h) | Osuus sivutien ajoneuvoista liikennemääräluokassa (%) |                          |
|---------------------------------------|---|--------------------------|
|                                       | Ohjausehdot* voimassa                                 | Päätien rajoitus 60 km/h |
| alle 200                              | 5   | 29                       |
| 200–299                               | 13  | 56                       |
| 300–399                               | 29  | 88                       |
| yli 400                               | 40  | 99                       |
| Kaikki liikennemääräluokat yhteensä   | 7   | 34                       |

\* Kriteerit, joilla ohjausehdot täyttyvät, on kuvattu taulukossa 1.

Ohjausperiaatteen mukaisesti nopeusrajoitus alennettiin arvoon 60 km/h 15 sekuntia sen jälkeen, kun jokin ohjausehto oli täyttynyt. Aineiston tarkastelu osoitti, että 51 % tilanteista, jolloin ohjausehto tai ohjausehdot olivat olleet voimassa, kesti alle 15 sekuntia. Tulee kuitenkin huomata, ohjausperiaatteen mukaan se, että ehto meni pois päältä, ei välttämättä tarkoittanut, että sivutien jono olisi kokonaan päässyt purkautumaan. Ohjausehtokohtainen tarkastelu osoitti, että ainoastaan kahden ehdon (1 ja 3) mediaanikesto oli selvästi tätä pidempi (taulukko 7). Nämä tilanteet olivat selvästi muita harvinaisempia.

*Taulukko 7. Ohjausehtojen voimassaolojen kestot.*

| Ehto*  | Havaintoja (kpl) | Keskiarvo (s) | Havaintojen kumulatiivinen jakauma (%) |        |        |        |        |         |
|--------|------------------|---------------|--|--------|--------|--------|--------|---------|
|        |                  |               | < 5 s                                  | < 10 s | < 15 s | < 30 s | < 60 s | < 165 s |
| ehto 1 | 125              | 7,5           | 6                                      | 15     | 26     | 65     | 86     | 99      |
| ehto 2 | 7 574            | 4,6           | 24                                     | 39     | 53     | 84     | 95     | 100     |
| ehto 3 | 243              | 6,8           | 8                                      | 14     | 27     | 59     | 89     | 99      |
| ehto 4 | 28 161           | 4,6           | 20                                     | 35     | 49     | 84     | 95     | 100     |
| ehto 6 | 2 787            | 4,4           | 21                                     | 35     | 48     | 77     | 97     | 100     |
| jokin  | 34 987           | 4,6           | 21                                     | 37     | 51     | 78     | 95     | 100     |

\* Kriteerit, joilla ohjausehdot täyttyvät, on kuvattu taulukossa 1.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

### 4.1 Vaikutukset liikenteeseen

Järjestelmän tarkoituksena oli helpottaa sivutieltä vasemmalle liittymistä aiheuttamatta viivytystä pääsuunnan liikennevirralle liikenteellisesti ongelmattomana aikana. Päätiellä liittymistä varten riittävän pitkien aikavälien osuuden pitäisi kasvaa, jotta järjestelmälle asetettu sivusuunnan liittymistä helpottava tavoite toteutuisi. Oletuksena oli, että jos päätien aikavälijakauma siirtyy siten, että pitkien aikavälien osuus kasvaa, voidaan sanoa, että liittyminen helpottuu. Jos taas aikavälijakauma ei muutu, pitäisi tietää, pieneneekö kriittinen aikaväli päätien nopeuksien laskiessa, jotta järjestelmän tavoitteen toteuma voitaisiin todentaa. Kenttämittauksissa 1980-luvulla nopeusrajoituksen alentamisen (80 km/h → 60 km/h) ei todettu vaikuttaneen vastaavankaltaisen liittymän välityskykyyn sivutieltä vasemmalle kääntyvien kannalta (Kulmala ja Pajunen 1986).

Alennetut nopeusrajoitukset eivät vaikuttaneet päätien ajoneuvojen aikavälijakaumaan. Sitä vastoin nopeusrajoituksen 60 km/h käyttö laski liikennevirran keskinopeutta esimerkiksi normaalilla kelillä 7 km/h. Mikäli päätien alennut nopeus vaikuttaa sivutieltä liittyvien kriittiseen aikaväliin sitä lyhentäen, järjestelmä on saavuttanut tavoitteensa. Mikäli kriittinen aikaväli ei ole muuttunut, järjestelmällä ei ole vaikutusta liittymiseen.

Koska tässä kohteessa liikennevirran keskinopeus on 60 km/h -nopeusrajoituksella korkeampi kuin keskimäärin vastaavan nopeusrajoituksen omaavilla teillä, nopeusrajoituksen alentamisen voitaneen arvioida lyhentävän kriittistä aikaväliä korkeintaan puolella sekunnilla. Nykyisillä mittausjärjestelyillä näin pieniä muutoksia ei voida sekunnin tallennustarkkuuden takia todentaa. Voidaan kuitenkin arvioida, että järjestelmällä saattaa olla positiivinen, joskin erittäin pieni, vaikutus sivutieltä liittymiseen.

Nopeusrajoitusmerkityypin vaihtaminen peltimerkistä LED-merkkiin ei vaikuttanut nopeuksiin normaalilla ja huonolla kelillä. Erittäin huonolla kelillä merkityypin muutoksen vaikutuksesta nopeudet nousivat 2–3 km/h käytettäessä nopeusrajoitusta 80 km/h, mikä johti näiden ajoneuvojen onnettomuusriskin suuruusluokkaa 5 prosentin kasvuun. Vaikka erittäin huonon kelin ajallinen osuus on pieni (loka-huhtikuussa 1–2 %, Schirokoff ja Tuominen, luonnos), onnettomuusriski on tällöin noin 20-kertainen normaaliin keliin verrattuna (Malmivuo ja Kärki 2002). Tästä syystä onnettomuusriskin kasvu saattaa olla merkitsevä.

Nopeusrajoituksella 60 km/h keskinopeudet olivat noin 7 km/h alhaisempia kuin rajoituksella 80 km/h. Tämä johti onnettomuusriskin pienenemiseen suuruusluokkaa 20 prosenttia. Koska nopeusrajoitusta 60 km/h näytettiin



noin 40 prosentille ajoneuvoista, alennetun rajoituksen turvallisuusvaikutuksen voitiin arvioida olevan suuruusluokkaa 8 prosenttia.

Edellä olevassa turvallisuusvaikutustarkastelussa annetut arviot perustuvat teiden linjaosuuksilla eikä liittymäalueilla saatuihin tuloksiin. Laskelmissa ei siis muun muassa otettu huomioon sivutien liikennettä. Merkkityypin muutoksen ja alennetun nopeusrajoituksen käytön voitaneen kokonaisuudessaan arvioida parantaneen turvallisuutta liittymäalueella. Lisäksi Kulmala ja Pajunen (1986) havaitsivat, että päätien nopeusrajoituksen alentaminen (80 km/h → 60 km/h) ruuhka-aikana vähensi konflikteja eli vaarallisimpia tilanteita.

Toisaalta ohjausperiaatteen mukainen nopeusrajoituksen alentaminen pidentäisi matka-aikoja päätiellä (noin 3 sekuntia/ajoneuvo). Näitä viivytyksiä ei aina voitu perustella sivutieltä liittymisen helpottamisella. Kuljettajista, joiden piti ehtojen voimassaolon perusteella nähdä rajoitus 80 km/h, 30 % näki tarpeettomasti rajoituksen 60 km/h.

## **4.2 Järjestelmän kehittäminen**

### **4.2.1 Ohjausehdot**

Osa ohjausehdoista perustui päätien viiden minuutin liikennemäärään. Tunnusluku päivittyi ainoastaan silloin, kun ajoneuvo ylitti mittauspisteen. Teoriassa ehto saattoi siis pysyä päällä määräämättömän ajan. Vain toisen suunnan liikennemäärän vaikuttaessa ohjausehdon voimassaoloon voi alennettu nopeusrajoitus jäädä tästä syystä turhaan voimaan. Viiden minuutin liukuva liikennemäärä olisikin hyvä tarkistaa tilanteissa vähintään tietyin väliajoin, esimerkiksi 5–10 sekunnin välein.

Valtatiellä 13 olevat läsnäolosilmukat eivät tunnistaneet ajoneuvotyyppiä. Rekka vaatii päätien liikennevirrasta pidemmän aikavälin kuin henkilöauto päästäkseen liittymään. Rekka myös peittää ilmaisinsilmukan pidemmän aikaa kuin henkilöauto, jolloin hitaasti liikkuva rekka voi synnyttää virheellisen kuvan seisovasta henkilöautosta. Ajoneuvotyyppitieto olisikin hyvä ottaa huomioon ohjausehdoissa.

Osa ohjausehdoista perustui päätien liikennetilanteeseen. Liikennetilannetta tarkasteltiin ilmaisimilla, jotka sijaitsivat 250 metrin päässä liittymästä, kun taas muuttuvat nopeusrajoitukset sijaitsivat 230/280 metriä ennen niitä. Vaikkei nopeusrajoituksen laskemisessa olisikaan 15 sekunnin viivettä, ne ajoneuvot, jotka aiheuttivat nopeusrajoituksen laskupäätöksen, eivät nähneet uutta nopeusrajoitusta.



Liittymäalueella olevat ajoneuvot aiheuttivat tarpeen muuttaa nopeusrajoitusta, mutta laskupäätöstä ei kuitenkaan pitäisi tehdä liittymäalueella jo olevien (tai sen ohittaneiden) ajoneuvojen perusteella, vaan päätöksen pohjalla pitäisi olla tieto liittymää lähestyvistä suuresta liikennemäärästä. Tämän takia olisi hyvä, että järjestelmän piiriin liitettäisiin lisäilmaisimet, jotka sijaitsisivat selvästi ennen ensimmäisiä muuttuvia rajoitusmerkkejä.

#### 4.2.2 Ohjausjärjestelmä

Tutkimusajankohtana liittymässä käytettiin nopeusrajoitusta 60 km/h selvästi enemmän (36 % ajoneuvoista, 20–30 % ajasta), kuin sitä järjestelmän yleissuunnitteluvaiheessa oletettiin tarvittavan (15–20 % ajoneuvoista, 8 % ajasta). Tämä viittaa siihen, että ohjausehdot ovat herkemmat, kuin alunperin oli ehkä tarkoituksena. Alkuperäisen suunnitelman mukaisesti ohjausperiaatteita ei muutettu ennen vaikutustutkimuksesta saatuja tuloksia.

Pienellä liikennemäärällä (alle 200 ajon./h) noin 5 prosenttia sivutien ajoneuvoista lähestyi liittymää ohjausehtojen voimassa ollessa eli tilanteessa, jossa jokin ajoneuvo ei päässyt sujuvasti liittymään päätielle. Jopa 29 % pienen liikennemäärän ajoneuvoista saapui kuitenkin liittymäalueelle sellaisessa tilanteessa, että päätiellä oli nopeusrajoitus 60 km/h. Tämä johtui alennetun nopeusrajoituksen voimassaoloajan minimikestosta ja toisaalta siitä, että ohjausehdon voimassa olo oli ajoneuvo- eikä jonokohtainen. Nämäkin tulokset viittaavat siihen, että ohjaus on turhan herkkä ja nopeusrajoitukset ovat usein tarpeettomasti alennettuina.

Ohjausperiaatteen mukaan se, että ehto meni pois päältä, ei välttämättä tarkoittanut, että tilanne olisi ratkennut kokonaan. Todellisuudessa ohjausta vaatineet tilanteet saattoivat kestää paljon pidempään kuin ohjausehdot olivat kerrallaan voimassa. Ohjausehdon laukeamiseen riitti, että sivutieltä yksikin auto pääsi liittymään päätiellä ja vapauttamaan läsnäolosilmukan varauksen, vaikka ajoneuvon takana olisi ollut pitkä jono. Ohjausehtoja tulisi kehittää siten, että ehto ei menisi pois voimasta heti, kun yksi ajoneuvo pääsee liittymään, vaan vasta sitten, kun koko tilanne on ratkennut.

Ohjausjärjestelmä alensi nopeusrajoituksen 15 sekunnin viiveellä. Perusteenä tähän oli se, ettei yksikään kuljettaja näkisi nopeusrajoitusta 60 km/h suoraan rajoituksen 100 km/h jälkeen. Nopeusrajoitus 100 km/h oli kuitenkin voimassa ainoastaan kesäkaudella lähestyttäessä liittymää Kouvolan suunnasta. Talvinopeusrajoitusten voimassa ollessa 15 sekunnin viivettä ei olisi tarvinnut käyttää.

Käytettäessä 15 sekunnin viivettä nopeusrajoitusten alentamisessa, ehtojen voimassaolo tulisi tarkistaa viipeen lopussa. Mikäli ehdot eivät ole enää voimassa, nopeusrajoitusta ei tulisi laskea lainkaan arvoon 60 km/h, vaan järjestelmän tulisi palata suoraan alkutilaan. Ohjausehtojen voimassaolojen

tarkastelu osoitti, että joka toinen kerta, kun ohjausehdot täyttyivät, ne olivat voimassa alle 15 sekuntia. Tilanne saattoi siis olla purkautunut, ennen kuin nopeusrajoitus oli ehditty laskea arvoon 60 km/h.

Alennettu nopeusrajoitus oli voimassa määritelmän mukaan vähintään 150 sekuntia. Ehtojen voimassaolojen pituuksien tarkastelu osoitti, että talvella vain 0,1 % ehtojen voimassaolokerroista ylitti tämän raja-arvon. Tämä tarkoitti sitä, että lähes aina ehdot eivät olleet enää ohjauksen lopussa voimassa ja päätien sujuvuutta huononnettiin mahdollisesti turhaan.

Edellä olevien ehtojen kestoja koskevien havaintojen perusteella tulisi miettiä ohjauksen keston minimirajoja. Järjestelmän toimivuutta voisi parantaa asettamalla raja-ajan, jota lyhyemmät ohjausehtojen voimassaolot eivät johda ohjauksomentoon. 150 sekuntia ohjauksen minimikestona on Selkäharjun liittymässä liian pitkä aika. Ohjauksen minimikeston sijaan voitaisiinkin käyttää  $x$  sekuntia kestävää suoja-aikaa, jonka jälkeen nopeusrajoitus nostettaisiin takaisin siinä tapauksessa, että mikään ohjausehto ei ole täyttynyt uudelleen. Tällainen suoja-aika estäisi tarpeettoman ohjauksen edestakaisin vaihtelun, mutta ei myöskään sallisi tarpeettoman pitkiä nopeusrajoituksen turhia alentamisia (nyt jopa 150 sekuntia). Suoja-ajan pituus tulisi määrittää siten, että ehditään varmistaa sivutien jonon kokonaan purkautuminen ennen rajoituksen palauttamista alkuarvoonsa.

Nopeusrajoituksen 80 km/h käyttö erittäin huonolla kelillä nosti keskinopeutta. Vaikka erittäin huonoa keliä ja sen aikaista liikennettä on vähän, suunniteltu keliohjaus tulisi ottaa käyttöön, sillä erittäin huonon kelin aikana onnettomuusriski on korkeimmillaan.

### 4.2.3 Loki

Järjestelmän tietojen tallennustarkkuus 1 sekunti oli liian karkea tutkimustarkoituksiin. Havaintojen ja toimintojen tallennustarkkuudeksi kannattaisi valita 1/10-sekunti.

Ohjauslokissa tallennettiin kahteen eri muuttujaan viiden eri ohjausehdon voimassaolotiedot. Lokin tulkinnan kannalta olisi selkeämpää, jos kunkin ohjausehdon voimassaolo olisi tallennettu omaksi muuttujakseen. Järjestelmän arvioinnin kannalta olisi myös hyvä, jos lokista kävisi ilmi kunkin ohjausehdon osaehtojen voimassaolot. Ylipäänsä – ainakin järjestelmän kehitysvaiheessa – olisi hyvä tallentaa kaikki mitattavat suureet.

Ajoneuvokohtaisessa tietokannassa oli tieto nopeusrajoituksesta. Tieto oli sen hetken tilanne, jolloin ajoneuvo ohitti mittauspisteen. Kuljettaja oli kuitenkin nähnyt yli 10 sekuntia aikaisemmin voimassa olleen nopeusrajoituksen. Koska nopeusrajoitusta voitiin kohteessa vaihtaa erittäin usein, tällaista



nopeusrajoituksen kirjaamisperiaatetta käyttäen monen ajoneuvon nopeusrajoitustieto oli virheellinen.

Nopeusrajoitustiedon luotettavuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä, jossa kuljettajan näkemä nopeusrajoitus laskettiin ilmaisimen ja merkin etäisyyden sekä ilmaisimella mitatun ajonopeuden perusteella. Aineiston jälkikäteistä arviointia helpottaisi myös, mikäli nopeusrajoituksen lisäksi olisi tieto ohjausehtojen voimassaolosta (1/0).

Tietoliikenneyhteyksien ollessa ruuhkaiset saattoi mittauspiste kohteessa lähettää tilatietoaan useaan kertaan. Jokainen lähetysyritys tallentui tietokantaan. Tietokantaa tulisi muuttaa siten, etteivät tällaiset monikkohavainnot tallennu.

Lokiin kirjautui uusi rivi, kun jollekin merkille lähetettiin komento tai sieltä saatiin paluutieto. Lokia olisi hyvä muokata siten, että samalla sekunnilla lähetetyt komennot näkyisivät kaikki yhtenä rivinä lokissa, jolloin lokiin kirjautuisi ainoastaan yhden ajankohdan toimenpiteiden lopputulos.

Ohjauslokin mukaan nopeusrajoitukset saattoivat olla alennettuna useita minuutteja sen jälkeen, kun yksikään ohjausehto ei enää ollut voimassa, mikä on ohjausperiaatteen vastaista. Ohjausperiaatteen mukaan viipeen olisi tullut olla 150 s vähennettynä ehdon voimassaololla. Lisäksi lokin mukaan nopeusrajoitusmerkille oli saatettu lähettää nopeusrajoituksen alennuskäsky, vaikka mikään ehto ei ollut lokin mukaan täyttynyt. Tulisikin tarkistaa, johtuvatko tällaiset virheet lokin kirjautumisesta vai toimiiko järjestelmä ohjausperiaatteen vastaisesti.

#### 4.3 Päätelmät

Nyt saadut tulokset, vaikkei kaikkia tunnuslukuja voitukaan määrittää, eivät tue alkuperäistä oletusta järjestelmän selkeästä positiivisesta vaikutuksesta sivutieltä liittymiseen. Alennettu nopeusrajoitus ei vaikuttanut päätien aikaväleihin, mutta sen käyttö laski liikennevirran keskinopeutta, mikä saattoi vaikuttaa sivutieltä liittyvien hyväksymien aikavälien suuruuteen. Tätä kriittistä aikaväliä ei kuitenkaan voitu määrittää. Asiantuntija-arviona voidaan esittää, että vaikutus saattoi olla positiivinen, mutta erittäin pieni. Tuloksen tarkastaminen suositellaan tehtävän kenttämittauksilla.

Järjestelmän varsinaisen tehtävän (sivutieltä liittymisen helpottaminen) toteutuminen jäi siis näiden tulosten pohjalta arvioituna vähäiseksi. Järjestelmällä oli kuitenkin liittymisen lisäksi vaikutusta liittymän turvallisuuteen ja päätien matka-aikoihin. Turvallisuusvaikutusten voitiin arvioida olevan positiiviset, mutta alennettu nopeusrajoitus aiheutti päätien ajoneuvoille ylimääräisiä, joskin erittäin pieniä viivytyksiä.



Kehitysideoista tärkein lienee se, että nopeusrajoituksen alentamispäätös perustuisi sivutien liikennetilanteen lisäksi myös liittymäaluetta lähestyvään liikenteeseen. Tämän takia liittymään tuleva liikennevirta tulisi tunnistaa jo selvästi ennen liittymää, toisin kuin nykyään. Näin ohjauspäätös voitaisiin tehdä liittymään saapuvien eikä siinä jo olevien ajoneuvojen perusteella.

Lisäksi nopeusrajoitus tulisi alentaa kauempana liittymästä kuin nykyisessä järjestelmässä. Alennetun nopeusrajoituksen alueen ollessa pidempi järjestelmällä pystyttäisiin todennäköisesti vaikuttamaan positiivisesti myös ajoneuvojen aikavälijakaumaan. Päätien liikennevirta jonoutuisi, jolloin jonoa ennen ja sen jälkeen tielle tulisi tilaa, eli liittymiskelpoisten aikavälien ajallinen osuus kasvaisi. Tällöin helpotettaisiin sivutieltä liittymistä selkeästi nykyistä paremmin. On kuitenkin epävarmaa, kuinka kuljettajat hyväksyisivät näin kauaksi sijoitetun alennetun nopeusrajoituksen etenkin, jos järjestelmän ohjausperiaatteet eivät ole tiedossa.

Jotta nykyisen järjestelmän vaikuttavuus sivutieltä liittymiseen voitaisiin todentaa, suosittelemme, että tiedon tallennuksessa havaitut puutteellisuudet korjataan ja tämän jälkeen kerätään uusi aineisto. Uusi ennen-aineisto ehdotetaan kerättävän siten, että merkit peitetään esimerkiksi kuukauden ajaksi normaaleissa keliolosuhteissa. Keruujakson aikana järjestelmän tulee toimia normaalisti ja kaikki ohjaustiedot tulee tallentaa.

## 5 LÄHTEET

Kauste E, Pöntinen T, Laitinen R, Portaankorva P (2000). Selvitys valtatie 6 parantamisesta liikennetelematiikan keinoin Selkäharjun liittymän kohdalla. Yleissuunnitelma. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 66 s. + liitt. 17 s. (Kaakkois-Suomen tiepiirin selvityksiä 7/2000)

Kauste E, Pöntinen T, Laitinen R, Portaankorva P (2001). Valtatie 6 Selkäharjun liittymä. Liikenteen hallinnan vaikutustutkimus. Kuvaus nykytilan selvityksestä. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 40 s. + liitt. 4 s. (Sisäisiä julkaisuja 24/2001)

Kulmala R, Pajunen K (1986). Konfliktitutkimus Tuusulantien Korson liittymässä. VTT, Espoo. 44 s. + liitt. 7 s. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 641)

Luoma J (1996). Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen. Tielaitos, Helsinki. 26 s. + liitt. 2 s. (Tielaitoksen selvityksiä 76/1996)

Luttinen T (2003). Ma. professori Tapio Luttisen, Teknillinen korkeakoulu, haastattelu 31.12.2003.

Lähesmaa J, Schirokoff A, Portaankorva P (1998). Kaakkois-Suomen tiepiirin telematiikkaselvitys. Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri. Kouvola. 100 s. + liitt. 8 s. (Tielaitoksen selvityksiä 42/1998)

Malmivuo M, Kärki O (2002). Ajokeliin liittyvä riski. Tiehallinto, Helsinki. 65 s. + liitt. 7 s. (Tielaitoksen selvityksiä 39/2002)

Penttinen M, Harjula V, Luoma J (1999). Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen - osa 2. Tielaitos, Helsinki. 25 s. (Tielaitoksen selvityksiä 45/1999)

Schirokoff A, Tuominen A (luonnos). Liikennesää-tiedotuksen toteutuminen ja arviointi talvikaudella 2002–2003.

Tiehallinto (2001). Liikenteen automaattinen mittaus 2000. Tiehallinto, Helsinki. 6 + 200 s. (Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 25/2001)

Tuomainen A (2003). Telematiikka-asiantuntija Ari Tuomaisen, Kaakkois-Suomen tiepiiri, Tiehallinto, haastattelu 31.10.2003.

YSP Consulting (julkaisematon). Tiehallinto. Valvomo-ohjelman ohjausjärjestelmän käyttöönotto. VT6 Selkäharjun risteysalue, VT26 Ruissalon pohja-alue. 28 s. (Versio 1.4.2003)

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-803-283-1  
TIEH 3200879